

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Кафедра энергетики

Ю. В. Путилин
С. В. Звягин
А. И. Сафронов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

Учебно-методическое руководство к лабораторной работе №12 по курсу
«Теплотехника» для студентов очного и заочного обучения
всех специальностей

Екатеринбург
2020

Печатается по рекомендации методической комиссии ИАТТС.

Протокол № 1 от 30.10.2019 г.

Рецензент – профессор, доктор техн. наук С. М. Шанчуров

Редактор Л. Д. Черных

Оператор компьютерной верстки Е. Н. Дунаева

Подписано в печать 20.03.2020		Поз. 43
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 0,46	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ

Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В рекуперативных теплообменниках перенос тепла от греющего теплоносителя к нагреваемому осуществляется через разделяющую их твердую стенку. Этот процесс называется теплопередачей.

Интенсивность теплопередачи характеризуется значением коэффициента теплопередачи K , Вт/(м²·К), численно равном величине теплового потока от одного теплоносителя к другому через поверхность площадью 1 м² разделяющей их стенки при разности температур между теплоносителями в 1°. Его величина определяется интенсивностью всех трех процессов, объединяемых понятием «теплопередача», а именно коэффициентом теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке α_1 , термическим сопротивлением стенки $R_{ст}$ и коэффициентом теплоотдачи от стенки к нагреваемому теплоносителю α_2 .

В настоящей работе в качестве теплообменника используется аппарат (рисунок), имеющий 2-слойную стенку – на металлическую трубу нанесен слой асбестовой изоляции. Поэтому общее термическое сопротивление стенки равно сумме термических сопротивлений металлической стенки и изоляции:

$$R_{ст} = \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}},$$

где δ_m и $\delta_{из}$ – толщины металлической трубы и слоя изоляции, соответственно;

λ_m , $\lambda_{из}$ – коэффициенты теплопроводности металла и изоляции, соответственно.

Важно подчеркнуть, что коэффициент теплопередачи никогда не может быть больше α_1 ; α_2 ; λ_m / δ_m ; $\lambda_{из} / \delta_{из}$. Сильнее всего он зависит от наименьшего из этих значений, оставаясь всегда меньше его.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Определить величину коэффициента теплопроводности тепловой изоляции трубы.
2. Рассчитать коэффициенты теплоотдачи и коэффициент теплопередачи многослойной цилиндрической стенки.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Схема экспериментальной установки изображена на рисунке 1. На металлическую трубу (1) длиной $L = 1150$ мм, диаметром $d_1/d_2 = \frac{100}{112}$ мм нанесен слой изоляции из асбеста (3). Наружный диаметр изолированной трубы $d_3 = 220$ мм.

Внутри трубы находится электрический нагреватель (2), мощность которого регулируется с помощью ЛАТРа. За счёт тепла, выделяемого электронагревателем, температура воздуха внутри трубы повышается до t_1 , а температура стенки трубы – до $t_{ст1}$. Все выделяющееся тепло, проходя через стенку трубы и слой изоляции, путем свободной конвекции отдается от наружной поверхности изоляции (температура которой t_2) к окружающему воздуху.

Температуры поверхностей изоляции и трубы измеряются с помощью термопар (4,5,6), подключенных к милливольтметрам. Измерение температуры окружающего воздуха t_2 производится лабораторным термометром.

Сила тока J и напряжение U в цепи электронагревателя замеряется амперметром (8) и вольтметром (7).

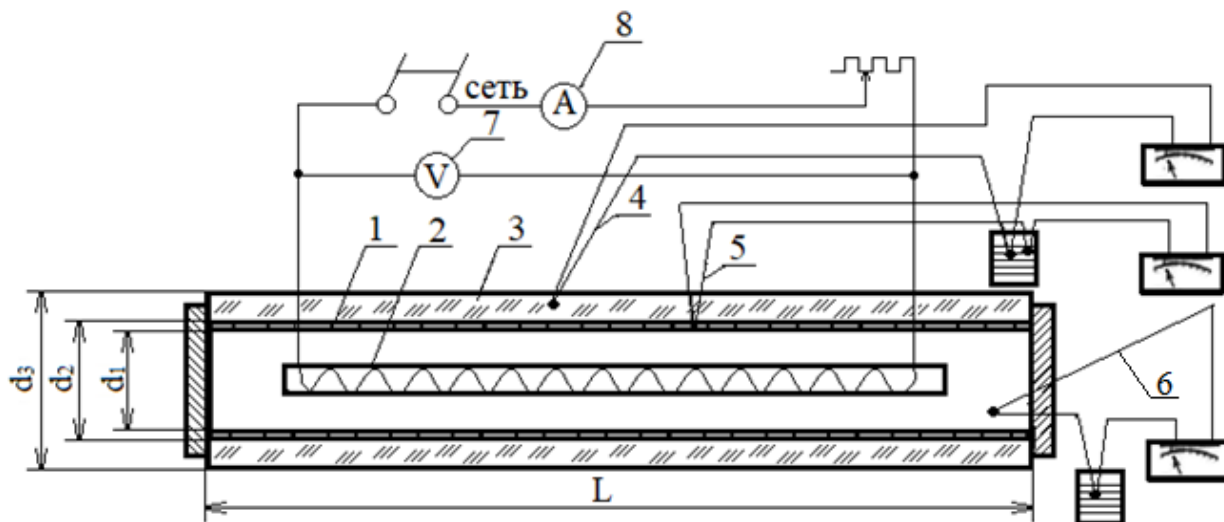


Схема экспериментальной установки:

- 1 – металлическая труба; 2 – электрический нагреватель; 3 – асбестовая изоляция;
4,5,6 – термопары; 7 – вольтметр; 8 – амперметр

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРЕМЕНТА

Включается электронагреватель, и с помощью ЛАТРа устанавливается необходимая тепловая нагрузка. Холодные спаи всех термопар помещаются в сосуд с тающим льдом. После установления стационарного теплового режима, когда температуры изоляции и трубы не будут изменяться, производится снятие показаний всех термопар, силы тока и напряжения нагревателя. Измерения проводятся при неизменной мощности нагревателя не менее трех раз с интервалом в 2...3 минуты. Результаты вносятся в таблицу.

Результаты измерений

№	Сила тока J, А	Напряжение U, В	Температура, °С			
			горячего воздуха, t_1	стенки трубы, $t_{ст1}$	поверхности изоляции, $t_{ст2}$	окружающей среды, t_2
1						
2						
3						
Сред. знач.						

Тепловой поток Q через изолированную стенку трубы равен мощности электронагревателя

$$Q = J \cdot U \quad (1)$$

Он передается всеми стадиями общей теплопередачи от горячего воздуха внутри трубы к окружающей среде, в том числе и через слой изоляции.

Тепловой поток, Вт, через слой изоляции, учитывая значительную толщину последнего, может быть определен по выражению для цилиндрической стенки:

$$Q = \frac{2\pi L \lambda_{из} (t_{ст1} - t_{ст2})}{\ln \frac{d_3}{d_2}} \quad (2)$$

Из этого уравнения находятся значения коэффициента теплопроводности изоляции, Вт/(м·К):

$$\lambda_{из} = \frac{Q \ln \frac{d_3}{d_2}}{2\pi L (t_{ст1} - t_{ст2})} \quad (3)$$

Коэффициенты теплопередачи от горячего воздуха к внутренней поверхности трубы α_1 , Вт/(м² · К), и от наружной поверхности изоляции к окружающему воздуху α_2 , Вт/(м² · К), определяются по выражениям:

$$\alpha_1 = \frac{Q}{F_1(t_1 - t_{ct1})}, \quad (4)$$

$$\alpha_2 = \frac{Q}{F_2(t_{ct1} - t_2)}, \quad (5)$$

где $F_1 = \pi d_1 L$ и $F_2 = \pi d_3 L$ – площади внутренней поверхности трубы и наружной поверхности изоляции, соответственно.

Коэффициент теплопередачи K , Вт/(м² · К), определяется по выражению

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_M}{\lambda_M} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (6)$$

где $\delta_M = \frac{\alpha_2 - d_1}{2}$ – толщина стенки металлической трубы, м;

$\delta_{из} = \frac{d_3 - d_2}{2}$ – толщина слоя изоляции, м;

$\lambda_M = 50$ Вт/(м·К) коэффициент теплопроводности металлической трубы.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе должен включать следующие разделы:

1. Наименование и цель работы.
2. Принципиальная схема установки.
3. Результаты измерений (таблица).
4. Результаты обработки опытных данных по формулам (3), (4), (5), (6).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Понятия теплопроводности, конвекции, теплопередачи.
2. Что называется коэффициентом теплопроводности, теплопередачи и теплоотдачи? Какова размерность этих коэффициентов и их физический смысл?
3. Каким из четырех термических сопротивлений (величины в знаменателе формулы (6)) определяется в первую очередь значение коэффициента теплопередачи?



**Ю. В. Путилин
С. В. Звягин
А. И. Сафронов**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
И КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ**

Екатеринбург
2020